

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ  
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ  
КАФЕДРА СВІТЛОТЕХНІКИ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

ШЕРШІН АРТУР ЮРІЙОВИЧ

УДК 621.31

**КОЛОРИМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ  
ДЖЕРЕЛ СВІТЛА**

141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

**Автореферат**  
дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль  
2018

Роботу виконано на кафедрі світлотехніки та електротехніки  
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя  
Міністерства освіти і науки України

**Керівник роботи:** кандидат технічних наук, доцент кафедри світлотехніки  
та електротехніки

**Осадца Ярослав Михайлович,**

Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя

**Рецензент:**

кандидат технічних наук, доцент кафедри систем  
електроспоживання та комп'ютерних технологій в  
електроенергетиці

**Сисак Іван Михайлович,**

Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 20 лютого 2018 р. о 9<sup>30</sup> годині на засіданні  
екзаменаційної комісії № 39 у Тернопільському національному технічному  
університеті імені Івана Пулюя за адресою: м. Тернопіль, вул. Микулинецька,  
46а, корпус №7, к. 504.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність роботи.** Завдяки низькому електроспоживанню, високій світловій віддачі, екологічності, великому терміну служби, малим габаритам напівпровідникові джерела світла можуть застосовуватись практично в усіх типах освітлювальних установок. Розробка потужних білих світловипромінювальних діодів дає змогу активно впроваджувати їх для світлотехнічних пристроїв різноманітного. Створення багатокольорових світлодіодів з широким спектром випромінювання значно розширює можливості їх використання для освітлення різного призначення: інтер'єрного, декоративного, світлосигнального, архітектурного, ландшафтного.

У зв'язку із переходом як у промисловому так і побутовому освітленні на напівпровідникові джерела світла виникає необхідність у дослідженні їх характеристик та перевірці на відповідність паспортним даним. Колориметричні характеристики світлодіодів займають важливе місце поряд з електротехнічними та фотометричними характеристиками. Отримати ці характеристики можна шляхом розрахунку координат кольору, кольоровості, індексу кольоропередачі та кольорової температури на основі спектральних характеристик випромінювання джерел світла.

В даний час виробниками пропонується широкий ряд приладів для вимірювання спектрального розподілу. Ці спектрофотометри характеризуються високою точністю, широким діапазоном вимірювання та можливістю збереження результатів та подальшої їх обробки. Одним із важливих недоліків таких спектральних приладів є їх вартість. Тому виникає задача модернізації існуючих спектрофотометрів, використання яких дозволило б з достатньою точністю проводити вимірювання спектрального розподілу напівпровідникових джерел світла. Тому, автоматизація проведення спектральних вимірювань та колориметричних характеристик напівпровідникових джерел світла є актуальною науково-практичною задачею, яка потребує свого вирішення і визначає напрямок дослідження даної дипломної роботи.

**Мета роботи:** вимірювання спектрального складу випромінювання та розрахунок на його основі колориметричних характеристик напівпровідникових джерел світла.

**Завдання:** модернізація спектрофотометра СФ-46 для проведення спектральних вимірювань, а також розробка програмного забезпечення для розрахунку координат кольоровості та корельованої колірної температури напівпровідникових джерел світла.

**Об'єкт дослідження:** процеси вимірювання та розрахунку спектральних та колориметричних характеристик світловипромінювальних діодів.

**Предмет дослідження:** методики розрахунку колориметричних характеристик напівпровідникових джерел світла.

**Методи дослідження:** методи спектрометрії; методи колориметричних розрахунків; методи інтерполяції.

**Наукова новизна отриманих результатів.**

- Розроблено методику проведення вимірювань спектрального розподілу напівпровідникових джерел світла на автоматизованій інформаційно-вимірювальній установці на базі спектрофотометра СФ-46.

- По результатах вимірювань спектрального розподілу напівпровідникових джерел світла різних кольорів свічення та потужності розраховано координати кольоровості, а також корельовану колірну температуру для білих світлодіодів.

#### **Практична цінність результатів дослідження.**

- Розроблено автоматизовану інформаційно-вимірювальну установку на базі спектрофотометра СФ-46.

- Розроблено програмне забезпечення для розрахунку колориметричних характеристик напівпровідникових джерел світла на основі спектрального складу їх випромінювання.

- Проведено вимірювання спектрів випромінювання напівпровідникових джерел світла різних потужностей та кольорів свічення.

**Апробація.** Окремі результати роботи доповідались на VI Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів. «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, ТНТУ, 16 – 17 листопада 2017 р.

**Структура роботи.** Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 9 частин, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 101 арк. формату А4, графічна частина – 11 аркушів формату А4.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** встановлено актуальність тематики дипломної роботи, визначено основні завдання, які необхідно вирішити в роботі, відмічено наукову новизну та практичну цінність результатів виконання роботи.

**В аналітичній частині** проведено аналіз наукових публікацій по темі роботи, визначено оптичні характеристики світлодіодів, наведено параметри спектрального розподілу випромінювання, а також колірні параметри, значення яких визначаються із спектрального розподілу.

**В науково-дослідній частині** на основі отриманих спектральних характеристик випромінювань світлодіодів різних кольорів свічення розраховано координати кольоровості в системі XYZ та корельовану колірну температуру білих світлодіодів. Проведено інтерполяцію кривої чутливості давача сигналу та функцій питомих координат кольору системи XYZ.

**В технологічній частині** наведено методику вимірювання спектрального розподілу напівпровідникових джерел світла на автоматизованій інформаційно-вимірювальній установці на базі спектрофотометра СФ-46.

**В конструкторській частині** розроблено систему керування роботою спектрофотометра СФ-46 та запису результатів вимірювань. Здійснено вибір давача оптичного сигналу. Проведено колориметричні розрахунки напівпровідникових джерел світла за допомогою ColorCalculator.

**В спеціальній частині** вибрано пакет програм MATLAB для розрахунку колориметричних характеристик світлодіодів по їх спектрах випромінювання. Розроблено програму для розрахунку координат колірності системи XYZ та корельовано колірної температури на основі функції спектрального розподілу напівпровідникових джерел світла.

**В частині «Обґрунтування економічної ефективності** основною виробничо-господарською ланкою національної економіки є підприємство. Тому основним завданням діяльності підприємства є забезпечення потреб народного господарства товарами і послугами відповідного асортименту та якості. В розрахунку відображені статті витрат: матеріальних ресурсів, енергетичних ресурсів та обслуговування підприємства. Показано, що за даними планово-економічної служби ВАТ "ВАТРА" рівень цих затрат для продукції такого виду складає:

- затрати на утримання і експлуатацію обладнання 660–700 %,
- цехові витрати 150–170 %,
- заводські витрати 660–700 %.

Величина позавиробничих витрат, що склалась на ВАТ "ВАТРА", складає 2,0 %.

**В частині «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»** проведено аналіз, прогнозування, профілактику травматизму та професійної захворюваності на об'єкті, що займається виробництвом, дослідженням світлотехнічних та електротехнічних параметрів світлодіодних джерел світла. Розглянуті питання безпеки в надзвичайних ситуаціях.

**В частині «Екологія»** проаналізовано загальні проблеми екології, розглянуті заходи щодо усунення чи зменшення до мінімуму шкідливих викидів при виробництві напівпровідникових джерел світла.

**У загальних висновках до дипломної роботи** описано прийняті в роботі технічні рішення, які забезпечують проведення вимірювань спектрального розподілу та розрахунку колориметричних характеристик напівпровідникових джерел світла із необхідною точністю.

**У графічній частині** подано будову та основні характеристики автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи на базі спектрофотометра СФ-46. Наведено алгоритм програми розрахунку координат кольоровості та корельовано колірної температури по вимірних спектрах випромінювання. Наведено результати вимірювання спектрального розподілу та розрахунку колориметричних характеристик напівпровідникових джерел світла.

## **ВИСНОВКИ**

1. На базі спектрофотометра СФ-46 розроблено автоматизовану установку, використання якої дозволяє проводити вимірювання спектрального розподілу напівпровідникових та інших точкових джерел світла. В даній установці в якості давача оптичного сигналу використано фотометричну головку ФД №96ГС02 виробництва фірми «Тензор» на базі фотодіода ФД-288

В. Даний фотодіод володіє широким діапазоном спектральної чутливості: від 200 до 1100 нм.

2. Проведено вимірювання спектрів випромінювання напівпровідникових джерел світла різних потужностей та кольорів свічення. По отриманих результатах проведено розрахунок колориметричних параметрів за допомогою програми ColorCalculator.

3. Розроблено алгоритми та програми для розрахунків координат кольоровості та корельовано колірної температури по отриманих спектральних розподілах випромінювань. Розрахунок корельованої кольорової температури базується на визначенні найближчих ізотермічних ліній випромінювача Планка до точки досліджуваного джерела в спеціалізованому колірному просторі *Luv*.

4. За допомогою розробленої програми для вказаних світлодіодів по їх спектральних складах випромінювання розраховані значення координат кольоровості  $x$  та  $y$ , а також корельована колірна температура. Проведено співставлення результатів розрахунку із результатами, отриманими в програмі ColorCalculator. Встановлено, що похибка розрахунку координат  $x$  та  $y$  не перевищує 0,01 а відносна похибка розрахунку корельовано колірної температури – 0,5 %.

5. Результати досліджень, проведених в роботі, можуть бути впровадженні у навчальний процес підготовки фахівців за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

6. Розроблено заходи з охорони праці, безпеки в надзвичайних ситуаціях та екології. Проведено техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ**

Шершін А.Ю., Осадца Я.М., Чубатий Ю.О. Дослідження колориметричних характеристик напівпровідникових джерел світла // Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 16-17 листопада 2017., м.Тернопіль. – С.128.

## **АННОТАЦІЯ**

Шершін А.Ю. Колориметричні характеристики напівпровідникових джерел світла

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль, 2018.

У дипломній роботі розроблено автоматизовану вимірювальну установку на базі спектрофотометра СФ-46. Розроблено програму для розрахунків координат кольоровості та корельовано колірної температури.

По отриманих спектрах напівпровідникових джерел світла розраховано координати кольору та координати кольоровості у колориметричних системах  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  та *Luv*.

**Ключові слова:** НАПІВПРОВІДНИКОВІ ДЖЕРЕЛА СВІТЛА, СПЕКТРАЛЬНИЙ СКЛАД ВИПРОМІНЮВАННЯ, КООРДИНАТИ КОЛЬОРУ, КОРЕЛЬОВАНА КОЛІРНА ТЕМПЕРАТУРА, КООРДИНАТИ КОЛЬОРОВОСТІ, ФОТОДІОД.

### **ABSTRACT**

Shershin A. Colorimetric characteristics of semiconductor light sources.

141 «Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics». – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University. – Ternopil, 2018.

In the thesis an automated measuring system on the basis of the spectrophotometer SF-46 was developed. The program for calculating color coordinates and correlated color temperature has been developed.

On the received spectra of semiconductor light sources, coordinates of color and color coordinates in colorimetric systems X, Y, Z and Luv are calculated.

**Key words:** LED, SPECTRAL COMPOSITION OF RADIATION, COORDINATE COLOR, COLOR TEMPERATURE, LIGHT FLOW, DOMINANT LONG WAVES, COORDINATE COLORS, LIGHTING DEVICE.